

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ NO₂ В АТМОСФЕРЕ

Бручковский И.И., Красовский А.Н.

Национальный научно-исследовательский центр мониторинга

озоносферы БГУ, г. Минск

E-mail: ilya.bruchkouski@gmail.com

Двуокись азота (NO₂) является важной малой газовой составляющей, которая участвует в циклах образования и разрушения озона, а также является одним из загрязнителей атмосферы. Химические преобразования NO₂ в верхней атмосфере являются важным фактором динамики атмосферы и процессов переноса энергии. NO₂ имеет хорошо выраженные полосы поглощения с сечением порядка $1 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ в области 390 – 470 нм, что при наличии даже незначительных содержаний позволяет уверенно восстанавливать NO₂ методом DOAS [1].

В большинстве городов Европы, основным источником NO₂ является NO_x производимое автотранспортными средствами всех типов и в некоторых местах производством электроэнергии. Эпидемиологические исследования позволили получить определенные доказательства того, что длительное воздействие NO₂ может вызывать снижение легочной функции и повышение риска возникновения симптомов респираторных заболеваний.

Данная работа посвящена исследованию особенностей распределения NO₂ в атмосфере при помощи созданного в БГУ многоосевого регистратора спектров MARS-B (Multi Axis Recorder of Spectra). С этой целью проведен сравнительный анализ результатов измерений содержаний NO₂, полученных при помощи MARS-B в Минске, Майнце, Нарочанском заповеднике и в условиях Антарктиды, которые проходили в разное время с 2011 по 2014 годы. В качестве вспомогательного прибора использовался зенитный регистратор спектров MS260-zenith, проводящий измерения в течение длительного времени на измерительной площадке ННИЦ МО БГУ (Минск), обработка данных происходила по одинаковой для указанных приборов методике DOAS.

Измерения двуокиси азота в условиях Антарктиды представляет интерес по двум причинам: во-первых отсутствуют приземные источники двуокиси азота, высокие концентрации которых могут затруднять интерпретацию стратосферных процессов, во-вторых в высоких широтах стратосферно-тропосферные взаимодействия более ярко выражены, что обуславливает динамические процессы в атмосфере. Измерения проводились в восточной Антарктиде, в районе российской станции "Прогресс" (холмы Ларсеманна), в ходе 59-й Российской антарктической экспедиции (РАЭ) (2013 – 2014 годы), в точке с координатами: S69°22 E76°23.

Результатами измерений являлись дифференциальные наклонные содержания двуокиси азота (DSCD NO₂). Были определены наиболее значимые параметры высотного распределения NO₂, влияющие на вид восстановленных DSCDs NO₂; для определения значимых параметров использовались величины DSCDs NO₂ смоделированные в соответствии с расчетами модели переноса излучения LibRadTran. В результате проведенных модельных расчетов выяснено, что метод MAX-DOAS наиболее чувствителен к тропосферным примесям на высотах до 1 – 2 км в зависимости от прозрачности атмосферы [1]. Для этого диапазона высот теоретически возможно восстановление не более двух параметров высотного профиля двуокиси азота, причем для безоблачных условий [2]. При этом по виду DSCDs NO₂ можно идентифицировать наличие NO₂ в тропосфере.

Для определения особенностей распределения NO₂ в атмосфере был проведен выборочный анализ рядов измерений MARS-B и MS260-zenith для различных метеоусловий; были выявлены следующие особенности:

1. Вблизи городов основная часть NO₂ в большинстве случаев присутствует в тропосфере. При этом содержания NO₂ в тропосфере оказываются в несколько раз больше, чем содержания в стратосфере (зарегистрированы превышения на 2 порядка, подтвержденные спутниковыми измерениями). Эти выбросы могут быть связаны с накоплением антропогенного NO₂ во время антициклона а также с увеличением времени жизни NO₂ из-за низких температур. По результатам наблюдений на измерительной площадке ННИЦ МО, для Минска тропосферная (антропогенная) составляющая NO₂ превышает стратосферную (естественную) составляющую приблизительно в 5 раз. Как правило, тропосферный NO₂ равномерно распределен в нижнем слое, однако в условиях антициклона возможно формирование устойчивого приподнятого слоя.

2. Вдали от городов тропосферная составляющая как правило отсутствует, что позволяет регистрировать стратосферную компоненту NO₂. При этом, облачность и метеоусловия тропосферы практически не влияют на восстанавливаемые стратосферные DSCD NO₂. Такие наблюдения были проведены на площадке Нарочанской биологической станции и позже в Антарктике.

3. При помощи прибора MARS-B экспериментально зарегистрировано взаимодействие озона и NO_2 в условиях Антарктиды в ходе 59-й РАЭ (6-й Белорусской антарктической экспедиции); это взаимодействие подтвердилось данными реанализа МАСС, взятыми для координат точки установки прибора и соответствующего промежутка времени измерений. Из проведенного анализа полученного ряда данных о дифференциальных наклонных содержаниях двуокиси азота и озона было сделано предположение о том, что наличие двуокиси азота в верхней атмосфере сдерживает генерацию озона, а после того, как содержание двуокиси азота уменьшается, озон поднимается выше и его содержание увеличивается [3].

Поскольку природа взаимодействия газовых микропримесей в верхней атмосфере не имеет существенных отличий в зависимости от географического положения, то полученные результаты могут быть обобщены и применимы к условиям Северной Евразии.

Список использованных источников

1. Platt U., Stutz J., *Differential Optical Absorption Spectroscopy Principles and Applications*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2008.
2. T. Vlemmix et al., Ability of the MAX-DOAS method to derive profile information for NO_2 : can the boundary layer and free troposphere be separated? *Atmos. Meas. Tech.*, 4, 2659–2684, 2011
3. I. Bruchkouski, V. Dziomin, A. Krasouski: Seasonal variability of the atmospheric trace constituents in Antarctica. *IGARSS 2014*: 4098–4100, DOI: 10.1109/IGARSS.2014.6947387